

하계 광양만 주변 해역의 새우조망 어획조사 및 수산자원 음향조사

한인우 · 오우석 · 박근창 · 윤은아¹ · 이경훈^{1*}전남대학교 수산과학과, ¹전남대학교 해양기술학부

Biomass Estimation with a Hydroacoustic Survey and the Shrimp Beam Trawl Fishery in Gwangyang Bay in Summer

Inwoo Han, Wooseok Oh, Geunchang Park, Euna Yoon¹ and Kyounghoon Lee^{1*}

Division of Fisheries Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

¹Department of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

This study conducted a survey using a sampling inspection method and acoustic technique for continuous monitoring of useful organisms and non-commercial fish species distributed in the water of Gwangyang Bay, and evaluated the marine resources. In June, 2018, 38 species were caught in the shrimp beam trawl, comprising 3,594 marine organisms with a total weight was 65,415.3g. The acoustic survey showed that the nautical area scattering coefficient (NASC; $m^2/n.mile^2$) for the waters of Gwangyang Bay was highest in Transect 15 ($1,655.5 m^2/n.mile^2$) and lowest in Transect 1 ($1.3 m^2/n.mile^2$). The biomass was estimated to be 2,634.9 tons in the acoustic survey. This indicates that the acoustic survey method detected more fish shoals than the sampling inspection method.

Key words: Shrimp beam trawl, Gwangyang bay, NASC, Hydroacoustic survey

서 론

연안해역은 어업자원의 재생산과 성장에 있어서 가장 중요한 부분으로, 지속적인 연구 자료에 기초한 자원 관리 모니터링이 필요하다. 광양만은 경남 남해군과 전남 여수시 사이에 위치한 만으로 많은 산업단지가 밀집되어 있으며, 남해안의 중앙에 위치한 반 폐쇄성만 형태의 지형을 이루고 있다(Jang, 2016). 또한 광양만은 해수와 담수가 혼합되는 기수역으로 어류 및 해양 생태계 상위 포식자의 먹이생물이 되는 플랑크톤 등 기타 해양 생물이 풍부하기 때문에 훌륭한 성육장 및 산란장을 형성한다(Kim et al., 2018). 뿐만 아니라, 섬진강 상류지역에서부터 풍부한 영양염 등이 유입, 기초생산력이 높은 것으로 알려져 있어 좋은 어장의 조건을 갖추어서 다양한 어업이 진행되고 있는 것으로 알려져 있다(Yang et al., 2001; Jeong et al., 2005; Seo et al., 2013). 새우조망 어업은 자루그물 양쪽에 달린 날개그물 사이에 막대를 부착하여 자루그물의 입구가 일정하게 벌어지게 한 어구를 한척의 어선이 저층을 끌어 갑각류를 어획하는 어업을 말한다. 다른 어업에 비해 그물 망목의 크기가 작아서 어업 시

에 목적이인 새우류 보다 부수 어획물의 비율이 높지만(Slavin, 1982; Alverson et al., 1994), 연안에서 사용이 가능하며 정량적인 조사가 가능하기 때문에 최근 새우조망을 이용한 자원조사가 많이 이루어지고 있다(Kim et al., 2003; Oh et al., 2009; Oh, 2010; Park et al., 2013).

한편, 조사 어구를 이용한 방법은 종을 명확하게 규명할 수 있는 장점이 존재하나 환경적 영향에 따라 어구 설치의 어려움이 있으며, 조사 정점이 불충분 하고 시간적, 경제적으로 어려움이 많다. 수산 자원의 관리 및 평가는 대상으로 하는 수산생물 자원의 현존량을 추정하는 것이 기본인데(Yang et al., 2014), 최근 음향 기법의 시스템과 해석기법의 발전으로 인해, 수중생물에 대한 다양한 정보를 수집할 수 있어 수산 생물의 행동을 모니터링 하는데 이용되고 있다(Hwang et al., 2015). 이러한 음향을 이용한 조사방법은 짧은 시간에 넓은 수층에 대한 정보를 얻을 수 있다는 장점이 있으며, 수산생물의 수직 및 수평 분포와 같은 다양한 정보를 얻을 수 있다(Lawson et al., 2008; Cox et al., 2011; Fielding et al., 2014).

본 연구에서는 새우조망 어구를 이용한 채집조사와 음향기법

*Corresponding author: Tel: +82. 61. 659. 7124 Fax: +82. 61. 659. 7129

E-mail address: khlee71@chonnam.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0288>

Korean J Fish Aquat Sci 52(3), 288-297, June 2019

Received 22 April 2019; Revised 22 May 2019; Accepted 21 June 2019

저자 직위: 한인우(대학원생), 오우석(대학원생), 박근창(대학원생), 윤은아(강사), 이경훈(교수)

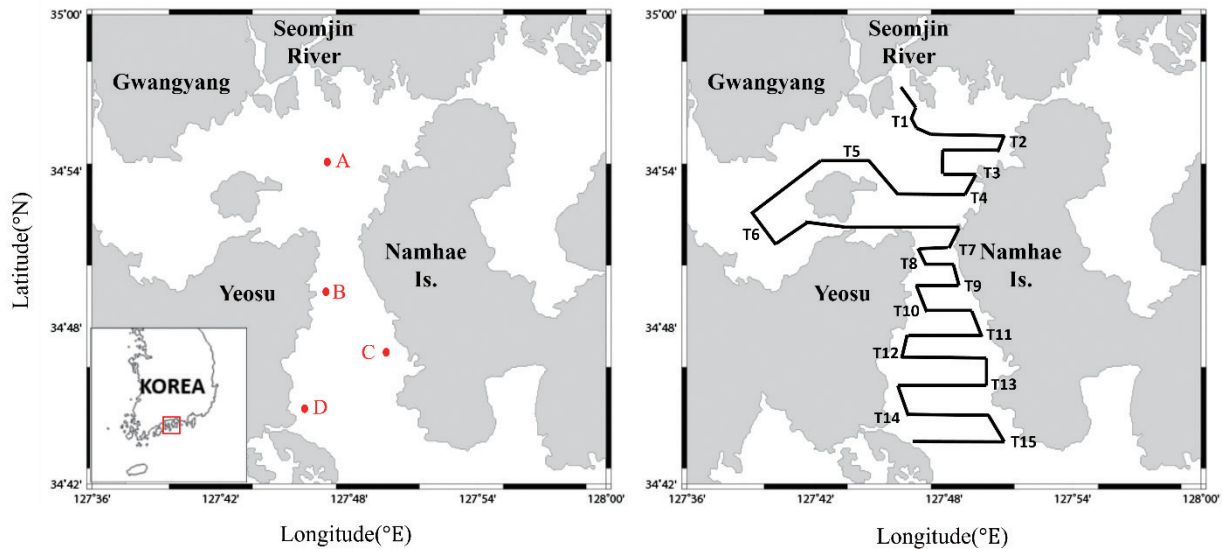


Fig. 1. The station in the (a) survey of shrimp beam trawl and the (b) survey line in the acoustic survey in June, 2018.

의 장점을 이용한 조사를 실시하여 하계기간 광양만 주변 해역의 유용생물 및 비상업 어종을 파악하고, 시·공간 분포를 통해 수산생물의 자원량과 밀도를 추정 하고자 한다. 또한, 광양만 주변 해역의 주요 종의 분포 특성을 파악하여 기초 서식 생물상의 데이터 베이스 구축 연구 및 수산자원 평가의 기초 연구 자료로 제공되고자 한다.

재료 및 방법

조사 기간 및 해역은 2018년 6월 광양만 주변해역에서 총 4정점(광양만 1, 여수 연안 2, 남해연안 1)에서 이루어졌으며, 새우조망 어업 조사를 통해 어획물을 채집하였다. 조사면적은 132 km², 정선 길이 67 mile이었으며, 조사 정점간 이동 시에는 음향데이터를 수집하였다(Fig. 1). 샘플 채집 조사에 사용된 새우조망 어구의 빔 길이는 8 m, 자루그물 길이 16.5 m, 끝자루 그물 코 크기는 16 mm였으며, 선속 2 knot로 4개의 정점에서 30분간 샘플을 채집하였다. 새우조망을 이용하여 채집한 모든 어획물은 양망 후 즉시 아이스박스에 넣어 냉장 보관하였으며, 냉장 상태로 실험실로 운반한 어획물은 어류(Kim et al., 2005), 갑각류(Hong et al., 2006), 두족류(Choe et al., 1999)로 동정 및 종분류를 하였다. 어획물의 체장은 버니어캘리퍼스와 체장판을 이용하여 1 mm까지 측정하였으며, 중량은 전자저울을 이용하여 0.1 g단위까지 측정하였다. 자원밀도는 소해면적당 어획량으로 나타냈으며, 새우조망 빔의 길이를 B (m), 예망속도는 v (m/sec), 예망시간은 h (sec)일 때, 소해면적 A (m²)=B×v×h를 이용하여 자원밀도 d=g/A (생체량/m²)으로 나타냈다(Cha et al., 2012).

음향조사 시스템은 split-beam 방식의 과학어군탐지기(EK60,

Simrad, Norway)를 조사선박의 현측에 부착하였다. 38과 120 kHz의 두 주파수의 진동자 형식을 각각 ES38B-12, ES120-7C로 설정하였고, 펄스폭은 512 ms, Ping 간격은 1초, 조사지역의 탐지범위는 수심 0-100 m로 설정하였다. 음향시스템은 정량적인 데이터 수집을 위해 교정구(Calibration sphere)를 이용하여 음향 조사 전에 교정을 실시하였으며, 안정된 신호 수신을 위해 선속 약 10 knot로 이하로 항주하였다. 노트북에는 DGPS (SPR-1400, Samyoung, Korea)의 위치정보와 음향자료를 연속적으로 컴퓨터 하드디스크에 총 15개의 정선의 자료를 수록하였다.

현장에서 취득된 음향자료는 후처리 소프트웨어(Echoview V 8.0, Echoview Software Pty Ltd, Australia)를 사용하여 분석하였다. 어군의 분포 밀도 파악을 위해 모든 음향자료에서 잡음을 제거하였고, 에코그램에서 해수면 아래 5 m까지의 수층과 해저면 위 5 m까지의 수층을 제외한 음향 자료를 추출하여 분석하였다. 어군 분포의 시·공간 분포 특성은 과학어군탐지기의 38과 120 kHz의 체적산란강도(Sv, volume scattering strength)를 이용하여 분석하였으며, 체적산란강도는 비선형 형태로 인한 이해의 어려움 때문에 최근에는 선형 개념인 면적으로 표시되는 면적산란계수(NASC, nautical area scattering coefficient, m²/n.mile²)로 변환하여 사용한다. 본 연구에서는 모든 음향자료에서 체적산란강도의 데이터를 1 n.mile의 EDSU (elementary distance sampling unit) 간격으로 적분하여 면적산란계수로 변환된 값을 이용하였다. 체적산란강도 값을 NASC 값으로 변환하는 관계식은 식(1)과 (2)에 나타내었다.

$$NASC = 4 \pi 1852^2 \int_{\theta_1}^{\theta_2} S_v d\theta \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{NASC} = \rho \cdot \text{TS} \quad \dots\dots\dots (2)$$

식(1)에서 r_1 과 r_2 는 적분 수심 구간이며, 식(2)에서 ρ 는 밀도이다. 음향 반사강도 자료는 어류의 일반적인 반사강도 함수 $[\text{TS}=20 \cdot \log_{10}(\text{fish length, cm})+b_{20}]$ 로 어류의 체장을 역으로 계산할 수 있다(Simmonds and MacLennan, 2005). 대상어류의 체장(L , cm)에 따른 반사강도(TS, target strength)와 후방산란단면적(σ , backscattering cross section)은 식(3)과 (4)로 표현되었다.

$$\text{TS}=20\log_{10}(L)+b_{20} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\sigma=4\pi 10^{(\text{TS}/10)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

광양만 주변 해역에 존재하는 다양한 어류 모든 종에 대한 b_{20} 값은 적용하기 어렵기 때문에 경골어류의 b_{20} 값을 사용하였다. 일반적인 경골어류 38 kHz에 대한 TS 함수의 b_{20} 값인 -68 dB를 적용하였으며, 서식생물의 체장(L , cm) 및 체중(w , g) 관계식은 다음 식(5)로 나타낼 수 있다.

$$w = \alpha L^b \quad \dots\dots\dots (5)$$

TS 특성과 체장-체중 관계식을 어류의 분포밀도로 변환하는 변환계수(CF, conversion factor)로 계산하였다(Kang et al., 2008). 어류의 밀도는 식(6)으로 파악할 수 있다.

$$\rho = (\text{NASC}/\sigma) \cdot w = \frac{\alpha L^b}{4\pi 10^{(\text{TS}/10)}} \cdot \text{NASC} \quad \dots\dots\dots (6)$$

수신된 음향자료와 변환 계수로부터 계산된 밀도 자료를 이용하여 각 정선별 평균밀도를 구하였으며, 전체 조사 해역의 평균 밀도는 정선별 평균 밀도 자료의 가중 평균(weighted mean)으로 계산하고, 식(7)로 나타냈다.

$$\bar{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{\rho}_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$\bar{\rho}_i$ 는 i 번째 정선의 평균 밀도, n_i 는 i 번째 정선의 EDSU 수, N 은 정선의 수이다. 전체 조사 해역의 평균 어군 밀도($\bar{\rho}$)와 조사

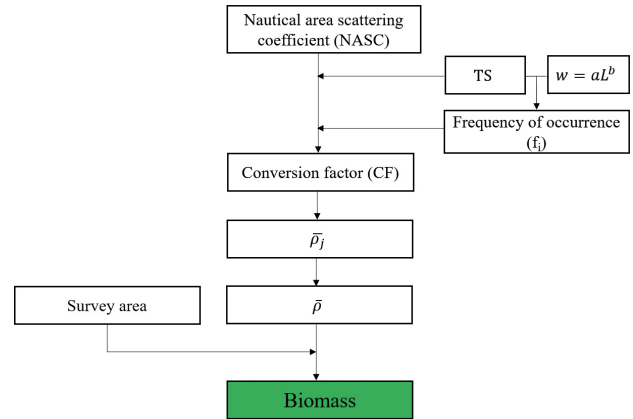


Fig. 2. The estimation of biomass by acoustic survey of Gwangyang Bay.

해역의 면적(A , m^2)을 곱하여 현존량을 평가하였다(Jolly and Hampton, 1990) (Fig. 2).

결 과

채집조사 결과

새우조망 조업으로 어획한 생물은 총 38종, 3,594개체, 중량 65,415.3 g이었다. 분류군은 어류가 28종, 갑각류 7종, 두족류 3종으로 어류가 가장 많았다. 생체량의 경우 어류가 44,738.9 g (68.0%)로 전체 생물 중에 가장 많았으며, 갑각류 19,037.6 g (29.1%), 두족류 1,638.8 g (2.5%) 순으로 채집되었다. 총 어획량에 대한 각 분류군의 어획 비율은 개체수의 경우 어류가 1,337개체로 37.2%를 차지하였으며, 갑각류는 2,180개체 (60.7%), 두족류 77개체(2.1%)로 개체수에서는 갑각류의 비율이 가장 높았다(Table 1).

종별 전체 생체량 및 개체수를 나타낸 Table 2를 보면 총 어획된 개체 중 어류에서는 보구치 (*Pennahia argentata*)가 15,315.6 g (23.4%)로 가장 많았으며, 홍어(*Okamejei kenojei*) 8,419.7 g (12.9%), 주둥치(*Nuchequula nuchalis*) 4,073.9 g (6.2%), 성대(*Chelidonichthys spinosus*) 4,016.0 g (6.1%), 참조기(*Larimichthys polyactis*) 3,493.9 g (5.3%) 순으로 많았으며, 어류의 생체량 분포는 총 어획량 중 68.4%이었다. 개체수의 경우, 주둥치 545마리(15.2%), 보구치 404마리(11.2%), 참조기 137

Table 1. The individuals and biomass of taxon collected had used a shrimp beam trawl in Gwangyang Bay on June 2018

Taxon	Number of species	Individuals (n)	Composition (%)	Catch (g)	Composition (%)
Fish	28	1,337	37.2	44,738.9	68.4
Crustacea	7	2,180	60.7	19,037.6	29.1
Cephalopoda	3	77	2.1	1,638.8	2.5
Total	38	3,594	100.0	65,415.3	100.0

Table 2. The number of individuals (N) and weight (g) of fish species collected using shrimp beam trawl in Gwangyang Bay on June 2018

English name	Scientific name	Total			
		Weight (g)	Composition (%)	Individual (N)	Composition (%)
Total		65,415.3	100.0	3,594	100.0
Fish		44,738.9	68.4	1,337	37.2
White croaker	<i>Pennahia argentata</i>	15,315.6	23.4	404	11.2
Skate ray	<i>Okamejei kenojei</i>	8,419.7	12.9	23	0.6
Slipmouth	<i>Nuchequula nuchalis</i>	4,073.9	6.2	545	15.2
Bluefin searobin	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	4,016.0	6.1	36	1.0
Small yellow croaker	<i>Larimichthys polyactis</i>	3,493.9	5.3	137	3.8
Marbled rockfish	<i>Sebastiscus marmoratus</i>	1,462.2	2.2	17	0.5
Devil stinger	<i>Inimicus japonicus</i>	1,415.5	2.2	9	0.3
Sharp-toothed eel	<i>Muraenesox cinereus</i>	1,279.6	2.0	9	0.3
Black sea bream	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	1,157.6	1.8	1	0.0
Red tongue sole	<i>Cynoglossus joyneri</i>	1,100.4	1.7	29	0.8
Korean pomfret	<i>Pampus echinogaster</i>	876.4	1.3	41	1.1
Flat head	<i>Platycephalus indicus</i>	584.7	0.9	2	0.1
Blue whiting	<i>Sillago japonica</i>	405.7	0.6	17	0.5
Largehead hairtail	<i>Trichiurus japonicus</i>	266.1	0.4	14	0.4
Sea pike	<i>Sphyræna pinguis</i>	197.6	0.3	2	0.1
Bicolorbarred weever	<i>Parapercis multifasciata</i>	120.3	0.2	5	0.1
Verticalstriped cardinalfish	<i>Apogon lineatus</i>	110.8	0.2	17	0.5
Red eelgoby	<i>Paratrypauchen microcephalus</i>	89.8	0.1	7	0.2
Pinkgraygoby	<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	88.8	0.1	12	0.3
Conger eel	<i>Conger myriaster</i>	58.1	0.1	1	0.0
Rock fish	<i>Sebastes inermis</i>	46.5	0.1	1	0.0
Gizzard shad	<i>Konosirus punctatus</i>	45.2	0.1	1	0.0
Clouded blenny	<i>Phois nebulosa</i>	44.2	0.1	2	0.1
Marbled flounder	<i>Pleuronectes yokohamae</i>	31.9	0.0	1	0.0
White tipped mackerel scad	<i>Decapterus maruadsi</i>	22.4	0.0	2	0.1
Grey stingfish	<i>Minous monodactylus</i>	8.5	0.0	1	0.0
Gafftopsail goby	<i>Myersina filifer</i>	7.5	0.0	1	0.0
Crustacea		19,037.6	29.1	2,180	60.7
Japanese mantis shrimp	<i>Oratosquilla oratoria</i>	10,139.9	15.5	698	19.4
Two spot swimming crab	<i>Charybdis bimaculata</i>	4,175.3	6.4	997	27.7
Southern rough shrimp	<i>Trachysalambria curvirostris</i>	3,579.3	5.5	470	13.1
Chinese white shrimp	<i>Fenneropenaeus chinensis</i>	747.0	1.1	9	0.3
Swimming crab	<i>Portunus trituberculatus</i>	216.0	0.3	2	0.1
Japanese swimming crab	<i>Charybdis japonica</i>	148.0	0.2	3	0.1
Kuruma shrimp	<i>Penaeus japonicus</i>	32.1	0.0	1	0.0
Cephalopod		1,638.8	2.5	77	2.1
Long arm octopus	<i>Octopus minor</i>	1,317.1	2.0	8	0.2
Japanese squid	<i>Loliolus japonica</i>	242.9	0.4	68	1.9
Webfoot octopus	<i>Amphioctopus fangsiao</i>	78.8	0.1	1	0.0

마리(3.8%) 순으로 많았으며, 어류의 개체수 분포는 37.2%이었다. 갑각류의 생체량 분포는 갯가재(*Oratosquilla oratoria*)가 10,139.9 g (15.5%)으로 가장 많았으며, 두점박이민꽃게(*Charybdis bimaculata*)가 4,175.3 g (6.4%), 꽃새우(*Trachysalambria curvirostris*)가 3,579.3 g (5.5%)의 순으로 많았으며, 갑각류의 생체량 분포는 총 어획량 중 29.1%이었다. 개체수의 경우, 두점박이민꽃게가 997마리(27.7%)로 어류의 우점종 개체수보다 많았으며, 갯가재 698마리(19.4%), 꽃새우 470마리(13.1%) 순으로 갑각류의 개체수 비율은 60.7%로 어류보다 높게 나타났다. 두족류의 경우에는 낙지(*Octopus minor*)의 생체량이 1,317.1 g (2.0%), 반원니꼴뚜기(*Loligo japonica*)의 개체수는 68마리(1.9%)의 순으로 나타났으며, 두족류가 차지하는 전체 비율은 개체수와 생체량 각각 약 2%이었다.

광양만에서 새우조망을 이용하여 채집한 결과, 보구치와 참조기는 모든 정점에서 우점하였으며, 각 정점에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다. 어류는 A정점에서 553마리(41.0%), 생체량은 15,685.2 g (35.0%)으로 가장 높은 분포를 나타내었으며, D정점에서 208마리(16.0%), 생체량은 5,547.9 g (12.0%)으로 가장 낮은 분포를 나타내었다. 갑각류도 A정점에서 1,006마리(46.0%), 생체량은 7,300.6 g (38.0%)으로 높은 분포를 나타냈으며, D정점에서 162마리(7.0%), 생체량 1,011.0 g (5.0%)으로 낮은 분포를 보였다. 두족류는 A정점에서 63마리(89.0%), 생체량 1,465.6 g (82.0%)으로 가장 높게 나타났고 B정점에서 어획되지 않았다. 또한, 우점종이면서 남해안의 주요 상업어종인 보구치와 참조기의 체장분포를 Fig. 3에 나타내었다 우점종인 보구치 체장 범위는 10.5 cm-24.2 cm로 나타났다. A정점에서는 140마리가 어획되었으며, 평균 체장은 14.7 cm로 나타났다. B정점의 경우, 97마리가 어획되었으며, 평균 체장은 14.0 cm로 나타났다. C정점에서는 109마리가 어획되었으며, 평균

체장 15.9 cm, D정점에서는 58마리가 어획되었고, 평균 체장 16.2 cm로 나타나 D정점에서는 개체수가 가장 적게 어획되었지만 평균 체장이 가장 크게 나타났다. 참조기의 경우, 모든 정점에서의 체장 범위는 10.5 cm-17.0 cm로 나타났다. A정점에서는 41마리가 어획되었으며, 평균 체장은 14.8 cm로 나타났다. B정점에서는 개체수는 32마리, 평균 체장은 14.5 cm로 나타났고, C정점에서는 개체수는 32마리, 평균 체장은 13.9 cm로 나타났다. D정점의 개체수는 32개체에 평균 체장은 13.9 cm로 나타나 A정점에서 가장 많은 개체수와 높은 평균 체장을 보였다.

광양만, 여수 주변 해역의 2018년 6월의 어황을 알아보기 위해 4개의 정점에서 실시한 시험조사의 전 어획물에 대한 자원 밀도를 각 정점별로 나타내었다(Table 4). 새우조망 어구를 이용한 예망거리는 7,685.8 m이었고, 소해면적은 61,486.4 m²이었다. 총 어획량은 66,728.9 g이었으며, 평균 소해면적당 어획량은 4.3 g/m²이었다. 정점별로 살펴보면 A정점에서 1.6 g/m²으로 가장 높았으며, 다음으로 B정점에서 1.3 g/m², C정점에서 0.9 g/m², D정점에서 0.5 g/m² 순으로 나타나 광양만 안쪽에서 자원의 밀도가 높았으며, 여수해역과 남해해역 사이 바깥쪽으로 밀도가 낮아지는 경향을 보였다.

음향조사 결과

광양만에서 실시한 음향조사의 시·공간 분포를 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다. 수평분포 및 수직분포 결과, 여수지역과 남해지역 사이에 어군이 많이 분포하였고, 강한 어군 신호가 탐지되었으며, 광양항의 선박 통항구역과 묘도 주변 부근에서도 어군이 강하게 탐지되었다. 샘플링 조사에서 정점 A부근에서 가장 많이 채집된 것에 비해 음향조사는 A정점 부근에서는 낮은 밀도를 보였으며, B와 C정점 사이인 음향조사 정점 25-31 사이에

Table 3. The number of individuals (N) and weight (g) of taxon by stations in Gwangyang Bay on June 2018

Station	Fish		Crustacea		Cephalopod	
	Individual (N)	Composition (%)	Individual (N)	Composition (%)	Individual (N)	Composition (%)
A	553	41.0	1,006	46.0	63	89.0
B	373	28.0	495	23.0	-	-
C	203	15.0	517	24.0	9	7.0
D	208	16.0	162	7.0	5	4.0
Total	1,337	100.0	2,180	100.0	77	100.0
Station	Fish		Crustacea		Cephalopod	
	Weight (g)	Composition (%)	Weight (g)	Composition (%)	Weight (g)	Composition (%)
A	15,685.2	35.0	7,300.6	38.0	1,465.6	82.0
B	12,519.0	28.0	6,427.0	34.0	-	-
C	10,986.8	25.0	4,299.0	23.0	107.6	12.0
D	5,547.9	12.0	1,011.0	5.0	65.6	6.0
Total	44,738.9	100.0	19,037.6	100.0	1,638.8	100.0

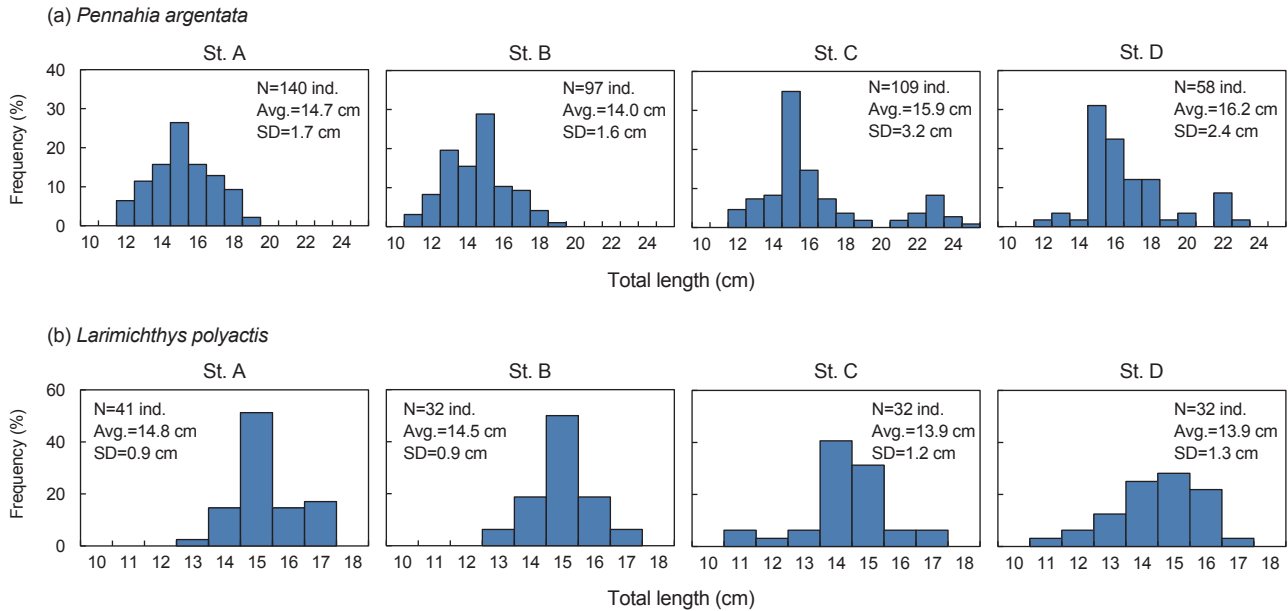


Fig. 3. The length frequency analysis of White croaker *Pennahia argentata* and Small yellow croaker *Larimichthys polyactis* has used a shrimp beam trawl in Gwangyang Bay on June 2018. N, Number of individuals; Avg., Average total length (cm); SD, Standard deviation (cm).

서 높은 어군 군집도가 나타났다. 여수해역부근인 D정점과 반대로 남해해역 부근에서 높은 어군 군집도가 나타나 음향조사 결과, 채집조사가 이루어진 부근에서는 어군 군집도가 낮게 나타났다으며, 선박 통항구역으로 어업이 제한 되어진 부근에서 많은 어군이 분포하는 것으로 나타났다.

광양만 음향조사 지역에서 시험어획조사로 채집된 어획자료를 이용하여 우점어류별 평균 밀도 결과를 Table 5에 나타내었다. 어류의 우점종인 보구치의 평균 밀도는 9.8 g/m^2 이었고, 참조기는 9.7 g/m^2 이었다. 어류의 개체수 우점종인 주둥치의 경우, 평균 밀도는 0.1 g/m^2 이었으며, 기타 어류의 평균 밀도는 0.3 g/m^2 이었다.

어류의 체장 분포와 어류의 체장과 길이 함수 등을 이용한 변환 계수와 음향조사를 통해 관측한 NASC 값으로부터 어류의 밀도와 조사면적($13.2 \times 10^6 \text{ m}^2$)을 이용하여 광양만 부근의 현존량을 추정하였다(Table 6). 현장에서 실시한 음향조사로 얻은 광양만 주변 해역의 면적산란 계수 값은 Transect 15에서

$1655.5 \text{ m}^2/\text{n.mile}^2$ 으로 가장 높게 나타났으며, Transect 1에서 $1.3 \text{ m}^2/\text{n.mile}^2$ 로 가장 낮은 값으로 나타났다. 음향조사의 현존량 추정 결과, 2,634.9톤으로 나타나 채집조사보다 음향조사로 많은 어군이 탐지되는 것을 알 수 있었다. 정점 B, C 부근과 광양만 안쪽의 묘도 근처 부근을 포함하여 광양만은 선박 통항구역으로 어업활동이 제한된 곳이 많아 수산자원 보호 구역의 역할을 하고 있기 때문에 다른 지역에 비해 상대적으로 많은 먹이 생물과 어류가 군집되어 있는 것으로 판단된다.

고 찰

음향 조사에서 어획자료를 이용하여 우점종별 평균 밀도를 추정한 결과, 어류의 우점종인 보구치는 9.8 g/m^2 으로 나타났으며, 참조기는 9.7 g/m^2 으로 나타났다. 개체수가 가장 많은 주둥치의 생물량은 0.1 g/m^2 이었으며, 기타 어류는 0.3 g/m^2 이었다 (Table 5). 보구치는 우리나라 동해, 남해, 서해, 일본 및 인도,

Table 4. The density of catch per swept area by station in Gwangyang Bay on June 2018

Data	Station	Towing distance (m)	Sweeping area (m^2)	Catch (g)	Density (g/m^2)
2018.06.30	A	2,037.2	16,297.6	25,765.0	1.6
	B	1,759.4	14,075.2	18,946.0	1.3
	C	2,037.2	16,297.6	15,393.4	0.9
	D	1,852.0	14,816.0	6,624.5	0.5
Total		7,685.8	61,486.4	66,728.9	4.3

태평양까지 분포하는 것으로 알려져 있고, 산란시기는 대부분 5-8월 사이로 알려져 있다(Chyung 1977; Cha and Park, 1994). 또한, 보구치는 민어과 어류들 중에서 성장이 느린편으로 1-2년생의 경우, 전장 15-23 cm, 3년에 27 cm, 4년에 29-30 cm가 되는 것으로 알려져 있다. 참조기는 우리나라 서해안, 제주도, 서남해, 중국 발해부근, 동중국해 등에 분포하며, 산란기는 3-6월이다. 또한, 참조기는 1년에 15 cm, 2년에 24 cm, 3년에 29 cm, 4년에 33 cm, 5년에 35 cm로 성장하는 것으로 알려져 있다(KORDI, 1993). 본 연구에서 채집된 어류 우점종인 보구치와 참조기의 체장 조성 결과, 보구치는 최소 10.5 cm, 최대 24.2 cm의 범위를 나타내었으며(Fig. 3a), 참조기는 최소 10.5 cm-17.0 cm의 범위로 나타났다. Han et al. (1998)의 결과, 보구치는 광양만 모도 해역에서 4-10월에 채집되었으며, 6월과 8월에 채집된 보구치의 전장 범위는 7.5 cm-14.4 cm로 보고하였다. Kwak et al. (2012)은 보구치가 2009년 5월에 가장 많이 어획되었고, 체장범위는 6.4 cm-15.3 cm로 보고하였다. Kim et al. (2018)은 2016년 여름철의 보구치 평균 체장이 16.9 cm로 보고하였다. 본 연구결과, 광양만에서 채집된 보구치는 대부분 1-2년생으로 추정되며, 주로 여름철에 큰 개체가 분포하는 것으로 보아 광양만은 선박 통항구역으로서 어업 활동이 제한되어진 수산 자원 보호 구역의 역할을 하며, 참조기와 보구치 등의 민어과 어류들의 성육장으로 역할을 하는 것으로 사료된다.

일반적으로 어류는 군집하는 장소에 따라 부어류와 저어류로 나눌 수 있으며, 부어류는 유영능력이 강해 분포 범위가 넓고, 시공간 분포 변화가 일정하지 않아 정량채집과 분석이 어려워 적합한 자료가 없는 해역에 종조성 및 양적 변동을 추정할 때 저어류를 대상으로 하는 경우가 많다고 보고되었다(Lee, 1989; 1991; 1993; 1996; Lee and Kim, 1992; Lee and Hwang, 1995). 보구치와 참조기는 해저 가까이 서식하는 저서성 어류로 보구치의 주요 먹이생물은 새우류, 갯가재류, 요각류, 단각류, 게류 및 소형 어류를 즐겨 먹으며(Cha and Park, 2001; Koh et al., 2014), 참조기는 단각류, 난바다곤쟁이류, 새우류 등을 즐겨 먹고, 어류중에서는 소형의 전갱이류, 멸치 등을 섭식하며, 또한, 어린 개체의 보구치는 성어보다 수온과 염분이 낮고, 수심이 얕은 해역에 분포하는 것으로 알려져 있다(KORDI, 1991). 본 연구에서 시행된 광양만 주변 해역의 평균 수심은 20-30 m

Table 5. Mean density of dominant fishes in the acoustic survey area of Gwangyang Bay

Scientific name	Conversion factor	Mean density ($\bar{\rho}$, g/m ²)
<i>Pennahia argentata</i>	0.0256	9.8
<i>Larimichthys polyactis</i>	0.1206	9.7
<i>Nuchequula nuchalis</i>	0.0175	0.1
Etc.	0.0042	0.3
Total	0.1679	19.9

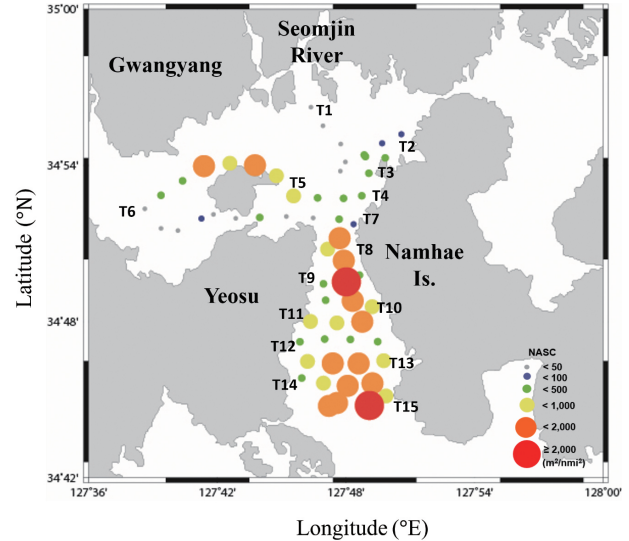


Fig. 4. The spatio-temporal distribution of fish school in the acoustic survey in Gwangyang Bay on June 2018.

Table 6. Evaluation of density and biomass by survey line in the acoustic survey of Gwangyang Bay

Transect	June	
	n_i	NASC
Transect 1	2	1.3
Transect 2	4	115.3
Transect 3	3	201.0
Transect 4	2	57.3
Transect 5	4	379.7
Transect 6	7	605.6
Transect 7	10	87.0
Transect 8	3	1123.0
Transect 9	3	982.4
Transect 10	3	688.3
Transect 11	3	997.5
Transect 12	4	321.5
Transect 13	4	1191.8
Transect 14	4	876.8
Transect 15	4	1655.5
$\sum_{i=1}^N n_i$	60	
Weight mean NASC	618.9	
Survey area (A , m ²)	13.2×10 ⁶	
Estimated Biomass (B , ton)	2634.9	
Coefficient of variation (%)	2.4	

n_i , of 1 EDSU (elementary distance sampling unit); NASC, mean value of the nautical area scattering coefficient along i -th transect.

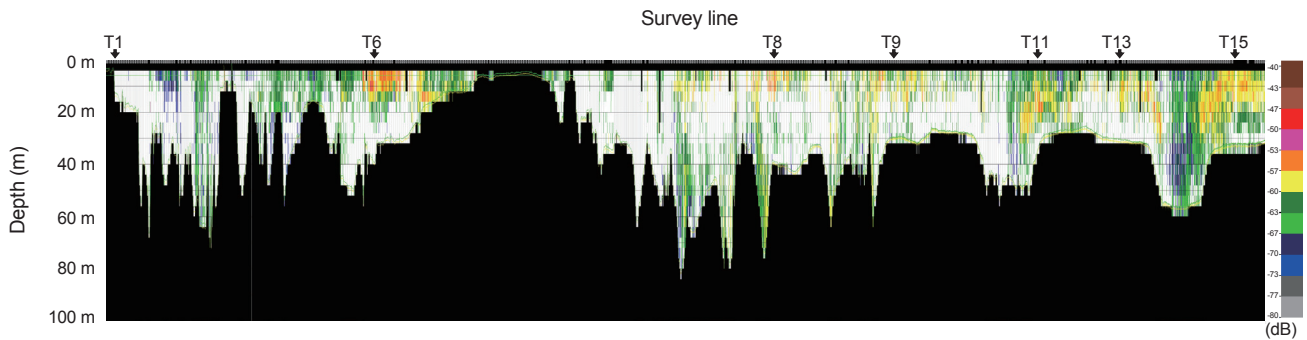


Fig. 5. The echogram sample of vertical distribution of acoustic survey in Gwangyang Bay on June 2018.

로 수심이 낮았으며, Han et al. (1998)의 결과, 1997년 6월의 수온은 22.4°C, 염분은 31.3 psu였다. Nam (2009)은 광양만 묘도 부근에서 2006년 2월부터 11월까지 평균 수온은 16.3°C, 염분은 22.2-32.9 psu, 2007년 2월부터 11월까지의 평균수온은 15.5°C, 염분은 26.1-32.8 psu로 보고하였으며, 2015년 1월부터 2016년 7월까지 광양만의 평균 수온은 16.2°C, 평균 염분은 26.2 psu이었다(Kim, 2017). Oh et al. (2014)는 2009년 10월부터 2010년 8월까지 여수해역의 평균 수온과 염분을 측정하였으며, 그 결과 17.4°C, 28.0-32.8 psu로 보고하였다. 본 조사에서는 과학어탐 조사와 어구를 이용한 자원조사의 결합을 통한 비교 연구 수행으로 인해 해양환경을 관측하지 못하였는데, 광양만 주변해역의 해양환경과 우점종과의 관계 규명을 위해서는 각 계절 및 연간 해양환경 조사를 병행한 장기적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 시험조사 자원밀도 결과, A정점에서는 1.6 g/m²로 나타났으며, B정점 1.3 g/m², C정점 0.9 g/m², D정점 0.5 g/m²순으로 A정점에서 가장 높게 나타났으며, D정점에서 가장 낮았다(Table 4). 반면, 음향조사 결과에서는 A 정점에서 낮고 D 정점에서는 높았는데(Fig. 4), 이론적으로 면적산란계수(S_A)는 어획량인 개체수와 중량에 비례하는 것으로 알려져 있다(Hwang et al., 2002). 새우조망에 의하여 정점별 채집한 결과(Table 3), A정점 갑각류의 개체수가 1,006마리로 가장 많이 어획되었으며, 어류는 553마리가 어획되었다. 또한, D정점에서는 갑각류가 162마리가 어획되었으며, 어류는 208마리가 어획되어 A정점은 분포 수심이 낮고 저층에 서식하는 갑각류가 우점하여 자원밀도가 높게 나타난 반면, D정점의 경우, 갑각류보다는 보구치와 참조기, 주둥치 등 주요 우점인 어류의 개체수가 높게 어획되는 것으로 나타났으며, 이러한 결과로 인해 시험조사에서는 A정점의 자원밀도가 높고, 음향조사에서는 D정점의 어류의 군집도로 반대의 결과가 나타난 것으로 판단된다.

음향조사에서 평균 NASC 값은 618.9 m²/n.mile²으로 정점 B, C 부근과 묘도해역 근처 부근에서 어군 군집도가 높게 나타났다. 본 연구에서 묘도해역은 선박 통항상 어업 활동이 제한

된 구역으로 본 연구에서 채집조사가 시행되지 못하였다. Yoon (1998)에 의하면 광양만 묘도 부근에서는 주둥치, 전어, 멸치가 주요 우점종으로 나타났다. 이는, 묘도주변의 수심이 20 m 이하로 낮기 때문에 저어류 뿐만 아니라 부어류와 함께 채집되는 것으로 보고하였다. 한편, Nam (2009)은 주둥치, 보구치, 봉장어, 도화망둑, 전어 순으로 우점한다고 하였으며, 어류 군집구조의 변동이 주둥치와 같은 소수 종에 의해 군집이 우점되는 현상이 발생한다고 보고하였다. 본 연구의 어류 개체수 결과를 보면 주둥치가 우점종으로 나타났으며(Table 2), 음향조사에서 수직분포 결과, 광양만 묘도 부근에서도 표·중층부근에 어군군집도가 높게 나타났다(Fig. 5). 그러나, 지금까지 이루어진 광양만 묘도 부근의 연구는 2010년 이전에 이루어졌으며, 수중 음향 기법을 이용한 연구는 미비하기 때문에 본 연구의 결과만으로 광양만의 자원량 추정과 수산자원 평가를 하는 것은 어려움이 있다. 광양만 연안 생태계 서식상 데이터 베이스 구축을 위해서는 묘도와 광양만 주변 해역을 대상으로 추가 채집 조사와 음향조사를 시행하여 수중 음향 기법의 장점과 채집조사의 장점을 활용한 지속적, 반복적인 연구가 필요하다고 사료된다.

사 사

이 논문은 2019년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구(ICT기반 수산자원관리 연구센터)이며, 본 논문을 사려 깊게 검토하여 주신 심사위원님과 편집위원님께 감사드립니다.

References

- Alverson DL, Freeberg MH, Murawski SA and Pope JG. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. In: Food and agriculture organization of the united nations. Natural Resources Consultants, Inc., Seattle, Washington DC, U.S.A., 1-233.
- Cox MJ, Watkins JL, Reid K and Brierley AS. 2011. Spatial and temporal variability in the structure of aggregations of

- Antarctic krill (*Euphausia superba*) around South Georgia, 1997-1999. ICES J Mar Sci 68, 489-498. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq202>.
- Choe BL, Park MS, Jeon LG, Park SR and Kim HT. 1999. Commercial molluscs from the freshwater and continental shelf in Korea. National Fisheries Research and Development Institute, Busan, Korea, 197.
- Cha BY, Lee CS, Moon TS and Park MS. 2012. A study on bivalves in Yeongil Bay of Gyeongsangbuk-Do Province, Korea. Kor J Malacol 28, 101-108. <http://dx.doi.org/10.9710/kjm.2012.28.2.101>.
- Cha SS and Park KJ. 2001 Feeding selectivity of postlarvae of White croaker (*Argyrosomus argentatus*) in Kwangyang bay, Korea. J Kor Fish Soc 34, 27-31.
- Cha SS and Park KJ. 1994. Distribution of the ichthyoplankton in Kwangyang Bay. Kor J Ichthyol 6, 60-70.
- Chyung MK. 1977. The fishes of Korea. Il Ji Sa Publishing Co., Seoul, Korea, 1-727.
- Fielding S, Watkins JL, Trathan PN, Enderlein P, Waluda CM, Stowasser G, Tarling GA and Murphy EJ. 2014. Interannual variability in Antarctic krill (*Euphausia superba*) density at south georgia, southern ocean: 1997-2013. ICES J Mar Sci 71, 2578-2588. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu104>.
- Han KH, Yun YM and Yang HC. 1998. Seasonal variation in abundance and species composition of fishes community off Myo-do in Kwangyang bay, Korea. Bull Yosun Natl Univ 13, 1025-1046.
- Hong SY, Park KY, Park CW, Han CH, Suh HL, Yun SG, Song CB, Jo SG, Lim HS, Kang YS, Kim DJ, Ma CW, Son MH, Cha HK, Kim KB, Choi SD, Park KY, Oh CW, Kim DN and Choi IY. 2006. Marine invertebrates in Korean coasts. Academy publishing Co., Seoul, Korea, 1-479.
- Hwang BK, Lee YW, Jo HS, Oh JK and Kang M. 2015. Visual census and hydro-acoustic survey of demersal fish aggregations in Ulju small scale marine ranching area (MRA), Korea. J Kor Soc of Fish Tech 51, 16-25. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.1.016>.
- Hwang DJ, Shin HH and Kang DH. 2002. Studies on fish distribution characteristics using a scientific echo sounder in the Yellow Sea. J Kor Soc Fish Tech 38, 140-148.
- Jang YR. 2016. Monitoring and oil fingerprinting of sedimentary PAHs in Kwangyang Bay after WU YI SAN oil spill. Master Dissertation, Gyeongsang National University, Tongyeong, Korea, 1-82.
- Jeong SB, Hwang DJ, Kim YJ, Shin HH and Son YU. 2005. Species composition of the catches collected by a bottom trawl in the southern waters of Korea in summer, 2004. Bull Kor soc Fish Tech 41, 35-45. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2005.41.1.035>.
- Jolly GM and Hampton I. 1990. A stratified random transect design for acoustic surveys of fish stocks. Can J Fish Aquat Sci 47, 1282-1291. <https://doi.org/10.1139/f90-147>.
- Kang DH, Im YJ, Lee CW, Yoo JT and Myoung JG. 2008. Hydroacoustic survey of spatio-temporal distribution of demersal fish aggregations near the west coast of Jeju Island, Korea. Ocean Polar Res 30, 181-191. <https://doi.org/10.4217/OPR.2008.30.2.181>.
- Kwak SN, Huh SH and Kim HW. 2012. Change in fish assemblage inhabiting around dae island in Gwangyang Bay, Korea. J Kor Soc Mar Env Saf 18, 175-184. <http://doi.org/10.7837/kosomes.2012.18.3.175>.
- Kim HY, Han IW, Oh WS, Choi JH and Lee KH. 2018. Distribution and Seasonal Changes of Fisheries Resources in the Gwangyang bay. J Fish Mar Sci Edu 30, 2163-2175. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2018.12.30.6.2163>.
- Kim IS, Choi Y, Lee CY, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korea fishes. Kyo-Hak Publishing Co, Seoul, Korea, 1-615.
- Kim JB, Kang CK, Chang DS, Kim YH and Cho KD. 2003. Fish assemblages collected using a beam trawl in a sheltered shallow water of Doam Bay in the southern coast of Korea. J Kor Soc Oceanogr 8, 307-316.
- Kim SM. 2017. Community structure of macrozoobenthos in Gwangyang Bay, South Coast of Korea. Master Dissertation, Chonnam National University, Yeosu, Korea, 1-81.
- Koh EH, An YS, Baek GW and Jang CS. 2014. Feeding habits of white croaker, *Pennahia argentata* in the coastal waters off Sejon island, Korea. J Kor Soc Fish Tech 50, 139-146. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2014.50.2.139>.
- KORDI (Korea Institute of Ocean Science and Techonlogy). 1991. Study on the production techniques for scieanids (I). KORDI national R&D, Busan, Korea, 1-165.
- KORDI (Korea Institute of Ocean Science and Techonlogy). 1993. Study on the production techniques for scieanids (III). KORDI National R&D Busan, Korea, 1-309.
- Lawson GL, Wiebe PH, Stanton TK and Ashjian CJ. 2008. Euphausiid distribution along the western antarctic peninsula. A. Development of robust multi-frequency acoustic techniques to identify euphausiid aggregations and quantify euphausiid size, abundance, and biomass. Deep Sea Res Part 2 Top Stud Oceanogr 55, 412-431. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2007.11.010>.
- Lee TW. 1989. Seasonal fluctuation in abundance and species composition of demersal fishes in Cheonsu Bay of the yellow sea, Korea. Korean J Fish Aquatic Sci 22, 1-8.
- Lee TW. 1991. The demersal fishes of Asan Bay-I. Optimal sample size. Korean J Fish Aquatic Sci 24, 248-254.
- Lee TW and Kim GC. 1992. The demersal fishes of Asan Bay-II. Diurnal and seasonal variation in abundance and species composition. Korean J Fish Aquatic Sci 25, 103-114.
- Lee TW. 1993. The demersal fishes of Asan Bay-III. Spatial variation in abundance and species composition. Korean J Fish Aquatic Sci 26, 438-445.
- Lee TW and Hwang SW. 1995. The demersal fish of Asan Bay-

- IV. temporal variation in species composition from 1990 to 1993. Korean J Fish Aquatic Sci 28, 67-79.
- Lee TW. 1996. Change in species composition of fish in Chonsu bay 1. Demersal fish. Korean J Fish Aquatic Sci 29, 71-83.
- Nam KW. 2009. Fluctuations in abundance and species composition of fishes collected by beam trawl fisheries in the Myo-do in Kwangyong bay, Korea. Master Dissertation, Chonnam National University, Yeosu, Korea, 1-51.
- Oh CW, Kim ST and Na JH. 2009. Variations in species composition, biomass, and density in shrimp trawl bycatch across seasons and tidal phases in southern Korean Waters: Developing a fisheries risk management approach. Korean J Fish Aqua Sci 12, 138-151. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2009.12.2.138>.
- Oh CW. 2010. Seasonal bycatch variations in the shrimp beam trawl fishery of coastal Wan-do, Korea. Korean J Fish Sci 43, 69-77. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2010.43.1.069>.
- Oh SJ, Han KH, Koh SJ, Lee SH and Shin LS. 2014. Fluctuations in abundance and species composition of fishes collected by gill net fisheries in coastal water of Yeosu, Korea. J Kor Soc Fish Tech 50, 633-642. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.201.50.4.633>.
- Park J, Jo HS, Im YJ, Cha BY, Kwon DH, Ryu DK and Hwang HJ. 2013. Species composition and community structure caught by shrimp beam trawl in the marine ranching ground of Taean, Korea. J Kor Fish Tech 49, 238-249. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2012.49.3.238>.
- Seo YI, Lee JH, Oh TY, Lee JB, Choi YM and Lee DW. 2013. Distribution and seasonal variations of fisheries resources captured by the beam trawl in Namhae island, Korea. Kor Soc Fish Tech 49, 419-431. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2013.49.4.419>.
- Simmonds EJ and MacLennan DN. 2005. Fisheries acoustics second edition. In: Blackwell science Ltd, fish and aquatic resources sries. Garsington road, Oxford, U.K., 1-437.
- Slavin JW. 1982. Utilization of shrimp bycatch. In: IDRC (Ed.), fish bycatch-bonus from the sea. Report of a technical Consultation on Shrimp Bycatch Utilization (IDRC-198e), Ottawa, Canada, 21-28.
- Yang HJ, Kim KH and Kim JD. 2001. The fish fauna and migration of the fishes in the fish way of the Nakdong river mouth dam. Korean J Limnol 34, 251-258.
- Yang YS, Lee KH, Hwang BK, Lee H, Kim IO and Kim S. 2014. Backscattering strength and vertical distribution of dominant fishes in inland waters by hydroacoustics. J Kor Soc Fish Tech 50, 476-486. <http://doi.org/10.3796/KSFT.2014.50.4.476>.
- Yoon YM. 1998. Species of composition and seasonal variation of fishes off Myo-do in Kwangyang Bay, Korea. Master Dissertation, Chonnam National University, Yeosu, Korea, 1-55.